ヨシ (*Phragmites australis*) の地下茎年齢が 地下茎物質貯蔵特性に及ぼす影響

湯谷 賢太郎*

浅枝

隆**

Effects of Rhizome Age of *Phragmites australis* on the Characteristics of Rhizome Resource Storage

Kentaro YUTANI* and Takashi ASAEDA**

* Department of Civil and Environmental Engineering, Saitama University, 255 Shimo-okubo, Saitama, Saitama 338-8570, Japan

** Department of Environmental Science and Human Engineering, Saitama University, 255 Shimo-okubo, Saitama, Saitama 338-8570, Japan

Abstract

Characteristics of rhizome resource storage of common reed, *Phragmites australis*, were investigated in terms of rhizome age. Rhizome biomass and nitrogen and phosphorus concentrations, and total standing stock were measured to understand storage dynamics of each rhizome age. The biomass of one-year-old rhizomes did not decrease in the growing season, while a large reduction in biomass was observed in older rhizomes. Phosphorus and nitrogen concentrations of old rhizomes remained constant throughout the year, while those of young rhizomes decreased particularly from April to May and July to November, indicating that changes in phosphorus concentrations mainly occur in young rhizomes. The standing stock, however, decreased from April to May and September onwards, except for that of young rhizomes which was supposed to be transported to form new shoots.

Key words: *Phragmites australis*, rhizome age, resource storage, nitrogen, phosphorus

1. はじめに

ヨシ (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) は、水辺に見られる最も一般的な抽水性の多年生植物である。その染色体は $2n=36, 48, 54, 84, 96$ のものが存在しており、同一種であっても周辺の環境の違いによって、様々な遺伝子的な変化を起こしていることが指摘されている¹⁾ものの、その分布域は極地方や乾燥地帯を除く、ほぼ全世界に広がっている。

ヨシ等から成る湖岸・河岸植生は、多くの生物に棲家を提供するだけでなく、護岸を保護する効果もあるとされ²⁾、さらに、ヨシ等の生息する湿地を水質浄化に用いる試みもある³⁾。わが国においても、ヨシ等の抽水植物を用いて湖岸・河岸植生再生の試みが行われており、ヨシは社会的にも生態学的にも重要度の高い植物であるといえる。

このようなヨシの重要性と世界的な分布により、古くから世界各地で研究が行われ、多くの知見が得られてきた。ヨシは日本のような温帯地域では、春の出芽期には地下茎に蓄えられた養分を用いて出芽し、ある程度生長すると、今度は逆に葉茎の光合成によって得られた物質を地下茎に送り返す。夏から秋にかけて穂をつけると、葉茎の生長は止まり地上部は枯死するが、地下茎と芽は生きており越

冬する⁴⁾。ヨシの地下茎は一度形成されると、3~6年ほど生きる事が知られている⁵⁾。また、地下茎年齢は地下茎の容積重⁶⁾、呼吸量⁷⁾、炭水化物貯蔵量⁸⁾、栄養塩貯蔵量⁹⁾などの特性に影響を及ぼすことが知られており、ヨシの地下茎研究を複雑なものとしている。

地下茎の物質貯蔵特性は、ヨシ群落の安定性に関係する重要な要因である。そのため、地下茎年齢が地下茎の物質貯蔵特性に及ぼす影響に関する研究は、今後ヨシを水質浄化や植生再生、護岸保護の目的で用いるためには、調査されるべき課題である。しかし、過去の研究における地下茎物質貯蔵特性に関する研究では、そのほとんどが地下茎年齢による影響を扱ってこなかった。さらに、地下茎年齢ごとの物質貯蔵特性の年間変化を調査した事例はない。そのため、本研究では地下茎年齢が地下茎の物質貯蔵能力に与える影響を明らかにすることを目的とし、各年齢の地下茎の物質貯蔵量の年間変化に着目して観測を行った。

2. 方 法

観測は、埼玉県さいたま市秋が瀬公園 (N35°51'10", E139°35'48") 内の湿地にて行った。観測地点は、ほぼ一様なヨシ群落に覆われており、通常は一年を通して+10cm程度の水位を保つ。流入河川はなく、水の供給は降雨のみに

* 埼玉大学工学部建設工学科 〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保255

** 埼玉大学大学院理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保255

よる。ただし、本研究を行った2001年は夏季に降雨が少なく、ヨシの生長期の4月から10月までの水位の平均は-20cm程度であった。表層から40cmほどの地盤は有機質に富むロームであり、地中40cm以下には硬い粘土層が存在する。そのため、ヨシの地下茎のほぼ全ては表層の40cm内に生息していた。

試料の採取は2001年4月から11月の間に計6回行った。地下茎の採取は、ヨシ群落内の25cm×50cmの範囲で行い、地下茎が確認できなくなる地下およそ50cm程度までシャベルを用いて掘り出した。なお、地下茎の採取に際しては、地下茎の枝分かれ構造を痛めないように、できる限り土をブロック状に掘り出すようにした。つまり、一つのサンプルは25×50×50cmの土塊として得た。また、毎回の試料採取時には上記の方法でヨシ群落内の3箇所から試料を採取した。掘り出された地下茎は、土ごとビニル製の袋に入れ、大学構内まで持ち帰った後に、ジェット水流を用いて丁寧に土を洗い流した。その後、得られた地下茎試料はCizkova & Lukavskaの方法⁹⁾を参考に当年に形成された地下茎から形成後6年経過している地下茎（以下、新地下茎～6年目地下茎と表す）、および枯死している地下茎に分類した。すべての試料は、85℃で48時間乾燥させた後、乾燥重量を測定した。

乾燥重量測定後の試料は、フードミキサーで破碎し、口径0.425mmのふるいを通したものを窒素およびリン含有量測定用の試料とした。窒素の定量はCHNコーダー（YANACO, MT-5）を用いて行った。リンの定量は乾式希硫酸分解法により抽出したものを、モリブデン青吸光度法を用いて行った¹⁰⁾。

また、観測期間中に計4回ヨシ群落内の地下水（5、6月）または表層水（10、11月）を採取し、水質分析を行った。水質分析の結果をTable 1に示す。

3. 結果と考察

ヨシの地下茎に関する研究は、多くの労力を伴うため、通常、地下部の観測を避け、葉茎部の観測のみでヨシを評価することが行われる。しかし、地下茎バイオマスと葉茎バイオマスの比は環境によって変化し、葉茎の状態が地下部の状態を表しているとはいえない。そのため、ヨシの研究においては、地下部の研究は不可欠である。

地下部の観測では非破壊観測が不可能であり、結果の連続性が問題となる。そのため、ヨシ群落を一樣であると仮定してサンプリングが行われるが、実際の地下茎はランダムに存在しており、結果の統計学的議論が不可欠である。しかし、本観測ではサンプル数が3であったため、十分に統計処理を行えなかった。

サンプル数を増やすための工夫として、一サンプルの量

Table 1 Nutrient conditions of study site. Superscripts mean references of determination method.

	NH ₄ ⁺ -N ¹¹⁾	NO ₃ ⁻ -N ¹²⁾	PO ₄ ³⁻ -P ¹¹⁾
May 2001	0.020	n.d.	0.014
June 2001	0.127	0.093	0.020
Oct. 2001	0.108	0.180	0.036
Nov. 2001	0.048	0.096	0.013

Fig. 1 Seasonal changes of average shoot biomass; ◆: total biomass, □: biomass of live part, ○: biomass of dead part. Error bars (S.D.) are represented only in total biomass.

を減らしてサンプル数やサンプリング間隔を短くするというものも考えられるが、その方法を採用したGraneli et al.¹³⁾の結果は非常にばらつき、変化の傾向が十分に把握できない。そのため、過去の研究の多くは、一サンプルの量を増やし、サンプル数を減らし、サンプリング間隔を長くして行われてきた。そして、結果の有意性は、それ以前の報告と比較することによって議論されてきており、本研究においても同様な方法を採用した。

試料の採取は天候等に左右され、完全に等間隔で行うことができなかった。そのため、試料を採取した月の代表値というわけではないが、本稿においては便宜的に以下4月の値、5月の値～11月の値のように表すこととする。

本観測地点における地下茎の最大寿命は6年であった。しかし、6年目の地下茎は非常にサンプル量が少なく、十分なデータが得られなかったため、本稿においては扱わないこととする。

3. 1 葉茎バイオマスの変化

一回目の試料採取は4月17日に行った。この時点において、ほぼ全ての芽が既に出芽しており、20cmほどに生長していた。出芽した葉茎は8月まで生長を続け、平均で185cmにまで生長した。なお、本観測期間中に観測された最大の葉茎高さは、10月2日に記録された301cmであった。1次葉茎は11月上旬にはほぼ全てが枯死した。また、10月から11月の期間に2次葉茎の出芽が確認されたが、1次葉茎のバイオマスの2%程度であった。

Fig. 1には葉茎バイオマスの観測結果を示した。葉茎バイオマスは、葉茎出芽後の6月まで増加し、8月以降には徐々に枯死した。

3. 2 地下茎バイオマスの変化

ヨシの地下茎バイオマスは春の出芽と、夏以降の葉茎からの物質輸送により、年間を通して変動する⁴⁾。そのような平均の地下茎バイオマスの変化はFiala⁶⁾、Graneli et al.¹³⁾など多くの研究者によって報告されている。

平均の生きている地下茎バイオマスは、5月の時点で4月の初期値と比較して225g·m⁻² (25%) 程度減少した。それに対し、枯死地下茎では4月から5月にかけて大きな変化は見られなかったものの、5月から6月にかけて増加が見られた。4月から6月にかけての枯死地下茎の増加量は236g·m⁻²であった。

Fig. 2に地下茎年齢ごとのバイオマスの年間変化を連続して示し、合計の生きている地下茎および枯死地下茎のバ

Fig. 2 Changes of rhizome biomass. Bars are standard deviations. ◆: Rhizome biomass in each age categories, □: Total live rhizome biomass, △: Total dead rhizome biomass.

Fig. 3 Seasonal changes of nitrogen concentration and standing stock. ◆: concentration, □: standing stock. Error bars (S.D.) are represented only in symbols of concentration. Each ages are represented continuously.

イオメスも同時に示してある。平均のバイオマスの変化で見られた、4月から5月にかけての大きな減少と同様の変化が、2～5年目の地下茎で確認された。しかし、1年目の地下茎では逆に増加し、その後も、1年目の地下茎は増加傾向を続けた。

春に減少した2～5年目の地下茎バイオマスのうち2～4年目の地下茎で5月以降に、5年目の地下茎に関しては6月以降にバイオマスの増加傾向が見られた。6月から8月にかけて3～5年目の地下茎で急激な増加が見られたのに対し、1年目と2年目の地下茎では緩やかに減少し、その後8月から10月にかけて増加した。また、4年目と5年目の地下茎では8月から11月にかけて減少傾向が見られたのに対し、1～3年目の地下茎では10月から11月にかけて減少が見られた。新地下茎は6月以降に確認され、緩やかな増加傾向を続けた。

上記の結果から、地下茎バイオマスの年間変動に寄与しているのは、主に2年目以上の地下茎であることが確認された。1年目と2年目の地下茎バイオマスは小さな変動はあるものの、1年を通して増加傾向を示した。また、6月以降に観測された新地下茎のバイオマスもほぼ一定速度で増加し続けた。この事実は、1～2年目の地下茎がまだ生長している事をあらわしている。そのため、ヨシの地下茎は形成後2年程度生長し続け、生長が終わった後も3～4年生きるということがわかる。2年目と3年目の地下茎で6月から8月にかけて挙動が異なるのも、2年目までの地下茎が生長していることに関係していると考えられる。

8月から11月にかけて、地下茎バイオマスに減少が見られたが、この減少は地下茎に芽を形成し2次葉茎を出芽す

るために物質を消費した結果であると考えられる。Cizkova & Bauer⁷⁾は芽や新地下茎の先端の呼吸量が、平均的な地下茎の呼吸量の10倍以上あることを報告しているため、まだ気温の高い時期の芽の維持には、相当の物質消費が伴うと考えられる。

3. 3 窒素含有量の変化

平均の窒素含有率は4月から10月まで緩やかに減少を続け、10月から11月にかけて増加した。それに対し現存量は4月から6月まで減少した後、6月から8月にかけて増加した。その後再び8月から10月にかけて減少した。

Fig. 6には地下茎年齢ごとの窒素含有率の変化および現存量の変化を示してある。窒素含有率の変化に関しては、新地下茎を除く全ての年齢で平均の含有率の変化と同様な減少傾向を示した。現存量の変化では、1年目の地下茎を除く全ての年齢の地下茎で4月から6月の間に減少が見られた。6月以降、1、2年目の地下茎では緩やかな増加傾向が11月まで続いたのに対し、3～5年目の地下茎では、6月から8月まで増加した後、再び10月までの期間に減少した。3、4年目の地下茎では10月から11月の期間にそれぞれ横這いもしくは増加に転じたのに対し、5年目の地下茎は減少を続けた。新地下茎は11月まで増加し続けた。

本研究で観測された結果と同様な地下茎年齢と窒素含有率との関係はCizkova & Lukavska⁹⁾によっても報告されている。新地下茎の高い窒素含有率は、新地下茎が生長のための活発な代謝活動を行うために、酵素やたんぱく質を多く含むためである⁹⁾。また、Cizkova & Bauer⁷⁾は若い地下茎ほど呼吸量が大いことを報告しており、若い地下茎ほど活発な代謝を行っていることが裏付けられた。

Fig. 4 Seasonal changes of phosphorus concentration and standing stock. ◆: concentration, □: standing stock. Error bars (S.D.) are represented only in symbols of concentration. Each ages are represented continuously.

3. 4 リン含有量の変化

平均のリン含有率は4月から5月にかけて減少し、その後5月から10月まで増加した。同様に、リンの現存量は5月まで減少し、その後増加した。また、どちらの場合にも10月から11月にかけて減少が見られた。平均のリン含有量の変化では、含有率と現存量でほぼ同様の変化が見られた。

Fig. 4には地下茎年齢ごとのリン含有率の変化および現存量の変化を示してある。リン含有率は新地下茎を除く全ての年齢の地下茎で、春から夏にかけての葉茎生長期に減少が見られた。1年目と2年目の地下茎では、6月以降に増加が見られたものの、1年目の地下茎では8月以降に、2年目の地下茎では10月以降にリン含有率が減少することが確認された。リン含有率に関しては、全ての年齢の地下茎が同様の年間変化を示したが、年間の変動量は1年目の地下茎でもっとも大きく、年齢が上がるにしたがってその変動は小さくなった。3年目以降の地下茎では年間の変動量に大きな差は見られなかった。

リン現存量の年間変化を見ると、春の出芽期に1年目を除く全ての地下茎で減少することがわかる。しかし、その減少期間は2～4年目の地下茎では5月までであるのに対し、5年目の地下茎では6月までであった。1年目の地下茎では減少は見られず、10月まで増加を続けた。10月から11月にかけて新地下茎では横這いの変化を示したが、その他の年齢の地下茎では減少傾向を示した。

本研究において観測されたリン含有率と地下茎年齢との負の相関はCizkova & Lukavska⁹⁾も報告している。しかし、彼女らは年間の平均値しか調査していない。本研究によって、リン含有率が年間を通して変動するのは主に1, 2年目の地下茎の影響であることが明らかとなった。それに対し、リン現存量では、全ての年齢の地下茎において、年間を通しての変動が確認された。

1, 2年目の地下茎は高濃度でリンを含んでおり、新地下茎のリン含有率はさらに高い。Fig. 4を見ると、新地下茎の高いリン含有率から、1年目、2年目と年間を通して変動しながらも0.3～0.5 (mg·g⁻¹ d.w.) の値に収束していく様子が分かる。1年目と2年目の地下茎がまだ生長している事実を考えると、低年齢の地下茎の高濃度なリン含有率は、窒素の場合と同様に、生長のために用いられる物質であると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり (財) 河川環境管理財団の研究会 (大垣眞一郎座長) から多大な助言と支援を受けた。記して感謝いたします。

(原稿受付 2001年12月19日)

(原稿受理 2002年 9月 3日)

参 考 文 献

- 1) Clevering, O.A. and Lissner, J. (1999) Taxonomy, chromosome numbers, clonal diversity and population dynamics of *Phragmites australis*, *Aquatic Botany*, **64**, 185-208.
- 2) Bonham, A.J., (1983) The management of wave-spending vegetation as bank protection against boat wash, *Landscape Plann.*, **10**, 15-30.
- 3) 細見正明 (1994) ヨシ人工湿地による水質浄化法, 用水と廃水, **36**, 40-43.
- 4) Haslam, S.M. (1969) The development of shoots in *Phragmites communis* Trin., *Ann. Bot.*, **33**, 695-609.
- 5) Haslam, S.M. (1972) *Phragmites communis* Trin. Biological Flora of the British Isles, *J. Ecol.*, **60**, 585-610.
- 6) Fiala, K. (1976) Underground organs of *Phragmites communis*, their growth, biomass and net production, *Folia Geobot. Phytotax.*, **11**, 225-259.
- 7) Cizkova, H. and Bauer, V. (1998) Rhizome respiration of *Phragmites australis*: Effect of rhizome age, temperature, and nutrient status of habitat, *Aquatic Botany*, **61**, 239-253.
- 8) Klimes, L., Klimesova, J. and Cizkova, H. (1999) Carbohydrate storage in rhizomes of *Phragmites australis*: the effects of altitude and rhizome age, *Aquatic Botany*, **64**, 105-110.
- 9) Cizkova, H. and Lukavska, J. (1999) Rhizome age structure of three populations of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.: Biomass and mineral nutrient concentrations, *Folia Geobot.*, **34**, 209-220.
- 10) 長谷川喜代三 (1993) 食物・栄養科学シリーズ19. 食品分析, pp. 49-59, 培風館, 東京.
- 11) 西條八東, 三田村緒佐武 (1995) 新編湖沼調査法, 208PP., 講談社サイエンティフィク, 東京.
- 12) 北村秀樹, 石谷寿, 久下芳生, 中本雅雄 (1982) ヒドラジン還元法による水中の硝酸イオンの定量, 水質汚濁研究, **5**(1), 35-42.
- 13) Graneli, W., Weisner, S.E.B. and Sytsma, M.D. (1992) Rhizome dynamics and resource storage in *Phragmites australis*, *Wetlands Ecology and Management*, **1**(4), 239-247.